

多地点同時 VLF 波動観測による雷放電発生位置及び電離圏高度の推定

柳 芳紀 [1]; 佐藤 光輝 [2]; 高橋 幸弘 [1]; 山下 幸三 [3]
[1] 北大・理・宇宙; [2] 北大・理; [3] 東北大・理・地物

Estimation of Lightning Location and Ionospheric Height Using VLF Sferics Data Obtained at Multiple Stations

Yoshinori Yanagi[1]; Mitsuteru SATO[2]; Yukihiro Takahashi[1]; Kozo Yamashita[3]
[1] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [2] Hokkaido Univ.; [3] Geophysics, Tohoku University

Electromagnetic waves radiated from lightning discharge can propagate long distance by reflecting at the Earth surface and the lower ionosphere. The frequency range of these electromagnetic waves is from a few Hz to many tens of MHz. In particular, most of the electromagnetic energy concentrates in the Extremely Low Frequency (ELF, 3Hz – 3kHz) and Very Low Frequency (VLF, 3 – 30 kHz) band. By using two components of horizontal magnetic field data, we can estimate the direction of wave propagation. Furthermore, we can estimate lightning locations using the time difference of the wave arrival, when we carry out simultaneous observations at multiple stations. Recently, it is suggested that we can calculate not only a distance from an observer to a lightning location but also the ionospheric height even if we use VLF magnetic field data obtained at only single station since the observer would detect direct wave and the following multi-reflected waves from lightning discharge. Using this method, we can monitor time variation of the ionospheric height changes, that are caused by ionization effect of electromagnetic pulses emitted by the lightning discharges and by other disturbances related with magnetospheric activities, such as storm, solar proton event, etc.

In order to carry out the continuous observation of VLF waves, we have installed two horizontal magnetic loop antennas and vertical electric dipole antenna in Sapporo and Yamanashi. In addition to this, we are now developing the same type of the VLF observation system and will install it in Gifu. We have developed a data recording system that consists of personal computer with an A/D converter and a GPS receiver. Using this system, it is possible to measure VLF wave continuously with a 16-bit resolution and 20 us time resolution. At the presentation, we will show not only estimation results of lightning locations using VLF data obtained at multiple stations but also results of the variation of ionospheric height using VLF data obtained at a single station.

雷放電から放射される電磁波は、数 Hz から数 MHz という非常に広い周波数帯域に範囲にわたる。中でも ELF(3Hz – 3kHz) 帯や VLF(3 – 30 kHz) 帯の電磁波は、雷放電の放電時定数が ELF、VLF 帯の周期に等しいこともあって特に強いエネルギーをもち、かつ、高い電気伝導度を有する地表面と電離圏 D 層で反射し、その導波管を長距離伝搬することができる。この電磁波の磁場成分の波形データから、偏波軸を推定することにより、波動の到来方向を推定できる。さらに、多地点で得られた同時観測データを解析することにより、波動の到来時間差から雷放電の発生位置と極性を推定することができる。一方近年では、一地点の VLF 波動観測において、雷放電発生源から直接到達した波と、地表面と電離圏 D 層の間を多重反射した波の到来時間差を計算することにより、観測者から雷放電までの距離と、電離圏の高度を求めると指摘されている。この観測手法により、磁気嵐やソーラープロトンイベント等により数時間という短時間のうちに変動する電離圏 D 層高度を連続的にモニターできる可能性がある。雷放電起源の VLF 波動の大規模な多地点同時観測システムを構築することなく、1 地点観測のデータでもこれが可能であることは大きな利点である。

そこで、我々は雷放電により放射される VLF 帯の電磁波を連続的に観測するために、東西、南北の水平二成分の磁場ループアンテナと、鉛直 1 成分のダイポール電場アンテナで構成される受信器を製作した。また、A/D 変換器と GPS 受信器を搭載した PC で構成される、データレコーディングシステムを構築した。これらのシステムにより、VLF 帯電磁波の波形データを 16bit の分解能で、また、20us の時間分解能で取得することが可能である。この観測器を北海道札幌市と山梨県甲府市に設置し、岐阜県岐阜市にも近々展開予定である。今回の発表ではこれらの観測データを用いて、多地点観測による雷の位置推定と、一地点観測による電離圏高度の変動の解析結果について紹介する。